

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
964**

Première édition
First edition
1989-03

**Conception des salles de commande
des centrales nucléaires de puissance**

**Design for control rooms
of nuclear power plants**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 964: 1989

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
964**

Première édition
First edition
1989-03

**Conception des salles de commande
des centrales nucléaires de puissance**

**Design for control rooms
of nuclear power plants**

© CEI 1989 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
 Articles	
1 Domaine d'application et but de la norme	6
1.1 Domaine d'application	6
1.2 But	6
1.3 Application de la présente norme	6
1.4 Définitions	6
1.5 Utilisation de la présente norme	14
2 Principes de conception pour la salle de commande principale	16
2.1 Objectifs principaux de la salle de commande principale	16
2.2 Objectifs de la conception fonctionnelle de la salle de commande principale	16
2.3 Principes de sûreté	16
2.4 Principes de disponibilité	16
2.5 Principes d'ingénierie des facteurs humains	18
2.6 Principes de conduite de l'exploitant	18
2.7 Relations avec les autres centres de contrôle et de gestion	18
3 Conception fonctionnelle de la salle de commande principale	20
3.1 Analyse fonctionnelle	20
3.2 Répartition des fonctions	22
3.3 Vérification de la répartition des fonctions	24
3.4 Validation de la répartition des fonctions	26
3.5 Analyse du travail	26
4 Spécifications fonctionnelles de conception	28
4.1 Nécessité d'une base de données sur les caractéristiques et capacités humaines	28
4.2 Localisation, environnement et protection	28
4.3 Dimensions et configuration	30
4.4 Agencement des panneaux	32
4.5 Aide à la localisation	32
4.6 Système d'information	34
4.7 Commandes	40
4.8 Intégration commandes-afficheurs	42
4.9 Systèmes de communication	42
4.10 Autres exigences	44
5 Vérification et validation du système intégré de salle de commande	48
5.1 Vérification du système de salle de commande	48
5.2 Validation du système de salle de commande	50
FIGURES	56
ANNEXE A - Guide de conception des salles de commande	60

CONTENTS

	Page
FOREWORD.	5
Clause	
1 Scope and purpose of the standard	7
1.1 Scope	7
1.2 Purpose	7
1.3 Application of this standard	7
1.4 Definitions	7
1.5 Standard use	15
2 Design principles for the main control room	17
2.1 Main objectives of the main control room	17
2.2 Functional design objectives of the main control room	17
2.3 Safety principles	17
2.4 Availability principles	17
2.5 Human factors engineering principles	19
2.6 Utility operating principles	19
2.7 Relationship with other control and management centers	19
3 Functional design of the main control room	21
3.1 Function analysis	21
3.2 Assignment of functions	23
3.3 Verification of function assignment	25
3.4 Validation of functional assignment	27
3.5 Job analysis	27
4 Functional design specification	29
4.1 Provision of data base on human capabilities and characteristics	29
4.2 Location, environment and protection	29
4.3 Space and configuration	31
4.4 Panel layout	33
4.5 Location aids	33
4.6 Information system	35
4.7 Controls	41
4.8 Control-display integration	43
4.9 Communication system	43
4.10 Other requirements	45
5 Verification and validation of the integrated control room system	49
5.1 Control room system verification	49
5.2 Control room system validation	51
FIGURES	57
APPENDIX A - Design guide for control rooms	61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONCEPTION DES SALLES DE COMMANDE
DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du Comité d'Etudes n° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
45A(BC)107	45A(BC)112

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 231 (1967): Principes généraux de l'instrumentation des réacteurs nucléaires.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DESIGN FOR CONTROL ROOMS OF NUCLEAR POWER PLANTS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This standard has been prepared by Sub-Committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC Technical Committee No. 45: Nuclear instrumentation.

The text of this standard is based upon the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
45A(CO)107	45A(CO)112

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the Voting Report indicated in the above table.

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 231 (1967): General principles of nuclear reactor instrumentation.

CONCEPTION DES SALLES DE COMMANDE DES CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE

1 Domaine d'application et but de la norme

1.1 *Domaine d'application*

La présente norme établit les exigences en matière d'interface homme/machine dans la salle de commande principale des centrales nucléaires de puissance.

Elle établit aussi les exigences en matière de choix fonctionnels, de conception et d'organisation de l'interface homme/machine, ainsi que les procédures qui doivent être utilisées pour vérifier et valider systématiquement la conception fonctionnelle.

Ces exigences reflètent les principes d'ingénierie humaine tels qu'ils s'appliquent à une interface homme/machine pendant les situations normales et anormales de la centrale.

Un guide de conception est donné dans l'annexe A.

Cette norme ne couvre pas les systèmes de commande spécifiques ou isolés tels que ceux prévus pour les opérations d'arrêt de l'extérieur de la salle de commande, pour les installations de situations de crise et pour les installations de traitement des effluents radioactifs. La conception détaillée des matériels ne fait pas partie du domaine d'application de cette norme.

1.2 *But*

Le but premier de la présente norme est d'établir des exigences fonctionnelles pour la conception des salles de commande des centrales nucléaires de puissance afin de respecter les exigences de conduite et de sûreté.

Cette norme présente aussi les exigences d'interfaces fonctionnelles en rapport avec la structure de l'équipe de salle de commande, les procédures de conduite et le programme de formation qui sont, en association avec l'interface homme/machine, les constituants du système de salle de commande.

1.3 *Application de la présente norme*

Cette norme s'applique aux salles de commande de conception nouvelle dont la conception débutera après sa publication. Si l'on désire l'appliquer aux salles de commande existantes ou en projet, une attention spéciale doit être portée au fait qu'elle prend en compte des facteurs tels que le niveau d'automatisation qui peuvent ne pas s'appliquer à des centrales plus anciennes.

1.4 *Définitions*

Les définitions suivantes sont applicables dans cette norme. Pour les autres termes, se reporter à la terminologie générale définie dans la CEI 231 (et ses compléments) et dans le programme NUSS de l'AIEA, tels les Guides de sûreté 50-SG-D3 et D8.

Alarmes

Signaux donnés par des verrines ou d'autres systèmes d'affichage pour alerter l'opérateur de défauts et d'évolutions hors tolérance des centrales et des matériels dans les conditions de fonctionnement de la centrale, et qui requièrent une action de sa part.

DESIGN FOR CONTROL ROOMS OF NUCLEAR POWER PLANTS

1 Scope and purpose of the standard

1.1 Scope

This standard establishes requirements for the man/machine interface in the main control rooms of nuclear power plants.

The standard also establishes requirements for selection of functions, design considerations and organization of the man/machine interface and procedures which shall be used systematically to verify and validate the functional design.

These requirements reflect the application of human engineering principles as they apply to the man/machine interface during normal and abnormal plant conditions.

Some design guidance is given in the Appendix A.

This standard does not cover special purpose or normally unattended control systems, such as those provided for shutdown operations from outside the main control room or for radioactive waste handling, or emergency response facilities. Detailed equipment design is outside the scope of this standard.

1.2 Purpose

The primary purpose of this standard is to provide functional design requirements to be used in the design of the main control room of a nuclear power plant to meet operational and safety requirements.

This standard also provides functional interface requirements which relate to control room staffing, operating procedures, and the training programme which are, together with the man-machine interface, constituents of the control room system.

1.3 Application of this standard

This standard is intended for application to new control rooms whose conceptual design is initiated after the publication of this standard. If it is desired to apply it to an existing control room or design, special caution must be exercised as it assumes factors such as automation level that may not apply to older plants.

1.4 Definitions

The following definitions are intended for use in this standard. For other terms, refer to the general terminology defined in IEC 231 (and its supplements) and in IAEA NUSS programme, such as Safety guides 50-SG-D3 and D8.

Alarms

Signals given by annunciators or other display systems to alert the operator to plant and equipment faults and out-of tolerance changes in plant conditions requiring action by the operator.

Système d'alerte sonore

Système déclenchant une alerte sonore lors de situations anormales telles qu'un incendie, ou nécessitant l'évacuation de l'enceinte de confinement ou d'autres bâtiments.

Systèmes auxiliaires de commande (de conduite)

Systèmes de conduite installés hors de la salle de commande, tels les panneaux de repli et les systèmes d'arrêt décentralisés.

Système de salle de commande

Ensemble constitué de l'interface homme/machine, de l'équipe de salle de commande, des procédures de conduite, du programme de formation et des installations ou matériels associés qui contribuent conjointement à une utilisation correcte de la salle de commande (voir A.1.4.1).

Equipe de salle de commande

Personnel stationnant en salle de commande, dont la responsabilité est d'atteindre les objectifs opérationnels de la centrale en la conduisant au travers d'interfaces "homme/machine". L'équipe de salle de commande comprend spécifiquement des opérateurs de supervision et des opérateurs qui manipulent effectivement les commandes; elle peut également inclure le personnel d'exploitation et les experts autorisés à être présents en salle de commande, par exemple pendant de longues séquences d'événements.

Commandes

Appareils utilisés par l'opérateur pour envoyer les signaux de commande aux systèmes de contrôle-commande et aux dispositifs de la centrale.

Système de communication

Installations, matériels, appareils, etc., qui permettent un échange d'informations entre l'équipe de conduite et l'équipe de direction, des opérateurs en local, et d'autres personnels de la centrale stationnant à l'extérieur des installations de la salle de commande.

Afficheurs

Appareils utilisés pour surveiller les conditions de fonctionnement et l'état de la centrale, par exemple l'état du processus, l'état des matériels, etc.

Ergonomie

Etude de la psychologie et des capacités humaines, dans l'environnement du travail et en fonction du matériel utilisé par le travailleur.

Image (affichage d'image)

Représentation graphique d'informations affichées sur écran de visualisation telle qu'un texte de message, une représentation numérique, des symboles, des synoptiques, des bargraphes, des courbes, des curseurs, une présentation multi-angulaire.

Fonction

Activité ou rôle rempli par l'homme ou par des systèmes automatiques.

Audible warning systems

Systems giving audible warning of fault situations such as fire or the need for evacuation of containment or other buildings.

Auxiliary control (operating) systems

Operating systems that are installed outside the control room such as local-to-plant control points and local-to-plant shutdown systems.

Control room system

An integration of the man/machine interface, the control room staff, operating procedures, training programme, and associated facilities or equipment which together sustain the proper functioning of the control room (see A.1.4.1).

Control room staff

A group of plant personnel stationed in the control room, which is responsible for achieving the plant operational goals by controlling plant through man/machine interfaces. Typically, the control room staff consists of supervisory operators, and operators who actually manipulate controls but also may include those staff members and experts which are authorized to be present in the control room, e.g. during long lasting event sequences.

Controls

Devices which the operator uses to send demand signals to control systems and plant items.

Communication system

Facilities, equipment, devices, etc., which enable information exchange between the operating and managerial staff, local operators, and other plant personnel stationed outside the control room facilities.

Displays

Devices used for monitoring plant conditions and status, e.g. process status, equipment status, etc.

Ergonomics

The study of human capability and psychology in relation to the working environment and the equipment operated by the worker.

Format (Display format)

A pictorial display of information on visual display unit (VDU) such as message text, digital presentation, symbols, mimics, bar-chart, trend graphs, pointers, multi-angular presentation.

Function

An activity or role performed by man or automated systems.

Analyse fonctionnelle

Examen des objectifs fonctionnels d'un système compte tenu des capacités humaines, de la technologie et d'autres ressources, pour fournir la base de détermination pour l'affectation et l'exécution de la fonction.

Objectif fonctionnel

Objectif de performances qui doivent être satisfaites pour remplir la fonction correspondante.

Structure hiérarchisée d'objectifs

Relation entre un objectif fonctionnel et des sous-objectifs fonctionnels structurés dans un ordre hiérarchique.

Démarche intellectuelle

Démarche d'un homme pour traiter et/ou interpréter une information afin d'obtenir une information condensée et abstraite.

Ingénierie des facteurs humains

Domaine de connaissances relatif à l'étendue et aux limites des performances humaines en matière de conception des machines, de travail et d'autres modifications dans l'environnement physique de l'homme.

Erreur de conception

Constat, à partir de quelques tests, de l'inadaptation de la conception d'un système aux rôles et capacités d'un opérateur humain.

Système de contrôle-commande

Ensemble des matériels de commande automatique et manuelle, composé des systèmes d'instrumentation, de commande et d'information.

Travail

Ensemble de tâches liées opérationnellement. Les tâches à l'intérieur d'un travail doivent en principe être cohérentes en regard de la compétence, des connaissances et des responsabilités requises de l'opérateur.

Analyse du travail

Analyse identifiant les exigences de base qu'un travail impose à l'équipe de salle de commande, compte tenu des procédures de conduite et des programmes de formation.

Points de commande locaux (ou installations)

Points (ou installations) situés à l'extérieur de la salle de commande d'où des opérateurs en local remplissent des activités de commande.

Opérateur local

Membre de l'équipe de conduite qui remplit des tâches à l'extérieur de la salle de commande.

Functional analysis

The examination of the functional goals of a system with respect to available manpower, technology, and other resources, to provide the basis for determining how the function may be assigned and executed.

Functional goal

The performance objectives that shall be satisfied to achieve the corresponding function.

Hierarchical goal structure

Relationship between a functional goal and sub-functional goals structured in a hierarchical order.

High-level mental processing

An act of man to process and/or interpret information to obtain reduced, abstract information.

Human factors engineering

The area of knowledge dealing with the capabilities and limitations of human performance in relation to the design of machines, jobs, and other modifications of the human's physical environment.

Human engineering discrepancy

A departure, from some benchmark, of system design suitability for the roles and capabilities of the human operator.

I & C system

Instrumentation and control system. A hardware implementation of automatic and manual controls, which consists of instrumentation, control and information systems.

Job

A job is a set of tasks which are operationally related. The tasks within a job should be coherent with regard to required skill, knowledge and responsibility.

Job analysis

An analysis identifying basic requirements which a job imposes on the control room staff structure, the operating procedures and training programme.

Local control points (or facilities)

Points (or facilities) located outside the control room where local operators perform control activities.

Local operators

The operating staff who perform tasks outside the control room.

Machine

Matériel tel que appareil, équipement ou système de contrôle-commande (voir tableau A.1 et A.1.4.2).

Interface homme/machine

Interface entre l'équipe de conduite d'une part, les systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande et les calculateurs reliés à la centrale d'autre part. Elle inclut les afficheurs, les commandes et l'interface "système support de l'opérateur".

Equipe de conduite

Personnel de la centrale en travail posté pour la conduite de la centrale. L'équipe de conduite comprend l'équipe de la salle de contrôle, les ingénieurs de la maintenance, etc.

Procédures de conduite

Ensemble de documents spécifiant les tâches de conduite qu'il est nécessaire de remplir pour atteindre les objectifs fonctionnels.

Interaction de l'opérateur

Relations entre l'opérateur et le système de contrôle-commande. De façon spécifique, affichage de l'état de la centrale par le système de contrôle-commande, et actions correspondantes de l'opérateur.

Système support de l'opérateur (SSO)

Un ou des systèmes visant à aider l'équipe de salle de commande dans les tâches exigeant une démarche intellectuelle.

Éléments de dimensionnement

Éléments caractéristiques quantitatifs des tâches qui garantissent le respect des objectifs fonctionnels.

Système de sonorisation

Système de haut-parleurs pour appeler des personnes sur le site.

Objectifs opérationnels de la centrale

Finalité de la conception de la centrale, c'est-à-dire une production maîtrisée d'électricité et la limitation de rejets de radioactivité dans l'environnement.

Stéréotype de population

Tendance pour la plupart des personnes d'un groupe à donner la même réponse à une stimulation particulière, même lorsqu'il y a d'autres réponses possibles. Le stéréotype de population dépend des traditions et des habitudes de la population.

Machine

Hardware such as devices, items of equipments and/or I & C systems (see table A.1 and A.1.4.2).

Man/machine interface

The interface between operating staff and I & C system and computer systems linked with plant. The interface includes displays, controls, and the Operator Support System interface.

Operating staff

Plant personnel working on shift to operate the plant. The operating staff includes the control room staff, maintenance engineers, etc.

Operating procedures

A set of documents specifying operational tasks it is necessary to perform to achieve functional goals.

Operator interaction

Interrelation between operator and I & C system. Specifically, display of plant status by I & C system and corresponding operator action.

Operator Support System (OSS)

A system or systems supporting the high-level mental information processing tasks assigned to the control room staff.

Performance requirements

Quantitative requirements specifying performance of tasks which ensure the achievement of functional goals.

Public address-system

Loudspeaker system to call persons on locations in the plant.

Plant operational goals

Ultimate purposes of plant design, i.e. controlled generation of electricity and limitation of release of radioactivity to the environment.

Population stereotype

The tendency for most persons in a group or population to give the same response to a particular stimulus, even when there are alternative responses. The population stereotype depends on the customs and habits of the population sampled.

Analyse des tâches

Décomposition des tâches d'un opérateur, pour spécifier les activités humaines mises en jeu, et leurs relations fonctionnelles et temporelles.

Tâches

Actions remplies soit par un homme, soit par une machine pour atteindre un objectif fonctionnel.

Programme de formation

Programme conçu pour former l'équipe de salle de commande de telle sorte qu'elle puisse acquérir l'habileté et les connaissances nécessaires aux activités de conduite.

Validation

Tests et évaluation pour déterminer si la solution à un problème est en accord avec les exigences fonctionnelles, de performances et d'interfaces.

Vérification

Processus pour déterminer si les composants respectent les exigences spécifiées. Dans ce contexte, la vérification implique un pointage de chacun des composants individuels du système de salle de commande en regard des critères d'ingénierie humaine et de la centrale, et des exigences fonctionnelles et de conduite.

Unité de visualisation (VDU)

Type d'affichage incorporant un écran pour présenter des images pilotées par ordinateur, par exemple un tube à rayons cathodiques, un afficheur à plasma.

1.5 Utilisation de la présente norme

Ce paragraphe a pour but d'orienter l'utilisateur dans l'organisation et la focalisation de cette norme. La figure 1 montre une vue d'ensemble du système de salle de commande. Le but d'une équipe de conception de salle de commande est de réussir la réalisation d'un système intégré de salle de commande. Les constituants de ce système sont l'équipe de salle de commande, l'interface homme/machine, les procédures de conduite et les programmes de formation.

L'objet premier de cette norme est la création de l'interface homme/machine lors de la conception de la salle de commande; en outre, cette norme définit les moyens pour développer les spécifications concernant l'équipe, les procédures de conduite et le programme de formation, mais ne fournit pas de méthodologie détaillée pour ce développement. Les relations entre les différents articles et paragraphes de cette norme apparaissent à la figure 2.

Après le domaine d'application et les spécifications sur les principes de base de conception, la figure 2 fait apparaître que le processus de conception inclut l'analyse fonctionnelle, l'affectation et la vérification des fonctions et la validation du concept étudié. Les spécifications fonctionnelles détaillées sont établies comme le fait apparaître la partie droite de la figure 2.

A partir de ces spécifications, la conception détaillée, les procédures de conduite et le programme de formation sont établis. Finalement, les constituants du système résultant sont vérifiés et le système intégré de salle de commande validé.

L'annexe A est fournie comme guide au lecteur. Cette annexe inclut des paragraphes didactiques et des informations complémentaires avec quelques exemples.

Task analysis

A detailed description of an operator's task, in terms of its components, to specify the detailed human activities involved, and their functional and temporal relationships.

Tasks

Actions performed by either man or machine for the accomplishment of a functional goal.

Training programme

A programme which is designed to train the control room staff so that they can acquire skill and knowledge necessary for operational activities.

Validation

The test and evaluation to determine that a problem solution complies with functional, performance and interface requirements.

Verification

The process of determining whether components meet the specified requirements. In this context, verification implies a check of individual components of the control room system against plant engineering criteria, human engineering criteria and operating and functional requirements.

Visual Display Unit (VDU)

A type of display incorporating a screen for presenting computer-driven images, e.g. cathode-ray tube, plasma display.

1.5 Standard use

This sub-clause is provided to orient the user to the organization and focus of this standard. Figure 1 shows an overview of a control room system. The goal of a control room design team is the successful completion of an integrated control room system. Constituents of this system are the control room staff, the man/machine interface, the operating procedures, and the training programme.

The focus of this standard is the establishment of the man/machine interface in the control room design. The standard also establishes a means for developing staffing requirements, operating procedures and a training programme but does not provide detailed methodology for such development. The relationships of various clauses and sub-clauses of this standard are shown in Figure 2.

After the scope, statements and specifications of design principles, the design process is shown in the figure to include function analysis, function assignment, function verification and design concept validation. Then, the detailed functional specifications are developed as shown on the right-hand side of Figure 2.

From these specifications, the detailed design, operating procedures and training programme are developed. Finally, the resultant system constituents are verified and the integrated control room system validated.

Appendix A is provided as a readers guide. The appendix includes tutorial sub-clauses and supplementary information for the detailed procedures and specifications.

2 Principes de conception pour la salle de commande principale

2.1 Objectifs principaux de la salle de commande principale

Une centrale nucléaire de puissance doit pouvoir être conduite sûrement et efficacement dans tous ses états de fonctionnement et dans les conditions accidentelles depuis une salle de commande. La salle de commande fournit à l'équipe de salle de commande au travers d'une interface homme/machine et des matériels et informations associés, par exemple l'interface de communication, les éléments nécessaires pour atteindre les objectifs de conduite de la centrale. En outre, elle fournit un environnement dans lequel l'équipe de salle de commande est en mesure de remplir ses tâches sans risque physique, ni tension excessive, ni inconfort.

2.2 Objectifs de la conception fonctionnelle de la salle de commande principale

Les principaux objectifs de conception de la salle de commande sont de fournir aux opérateurs des informations précises, complètes et dans les délais, en regard du statut fonctionnel des systèmes et matériels de la centrale.

La conception doit permettre, pour tous les états opérationnels, y compris le rechargement du combustible, et les conditions accidentelles, d'optimiser les tâches, de minimiser la charge de travail requise pour surveiller et conduire la centrale et de fournir les informations nécessaires à d'autres installations extérieures à la salle de commande.

La conception de la salle de commande doit conduire à une répartition optimale des fonctions, en vue d'une utilisation maximale des capacités de l'opérateur et du système.

Un objectif supplémentaire dans la conception de la salle de commande est de réaliser efficacement la mise en service de l'installation et de permettre des modifications et la maintenance.

2.3 Principes de sûreté

La salle de commande doit être conçue de façon à permettre à la centrale nucléaire de puissance d'être conduite de façon sûre dans tous ses états opérationnels et de la ramener dans un état sûr après l'apparition de conditions accidentelles. Ainsi, les événements de dimensionnement sont à prendre en considération dans la conception de la salle de commande.

Les matériels dans la salle de commande doivent en principe être conçus, autant que possible, de telle sorte que des ordres de commande manuelle non sûrs ne puissent être émis, par exemple par l'utilisation d'un verrouillage logique dépendant de l'état de la centrale.

On doit également prendre en compte la nécessité d'une séparation fonctionnelle et physique, là où les systèmes de sûreté et les systèmes "de non-sûreté" sont disposés à proximité l'un de l'autre.

Des mesures appropriées doivent être prises pour la sauvegarde des occupants de la salle de commande contre des risques potentiels tels que des accès non autorisés, des rayonnements inattendus résultant de conditions accidentelles, des gaz toxiques ou toute conséquence d'incendie, qui pourraient nuire aux actions nécessaires des opérateurs.

Il doit y avoir suffisamment d'accès pour permettre à l'équipe de salle de commande de quitter ou atteindre la salle de commande, ou gagner d'autres points de commande lors de situations d'urgence.

2.4 Principes de disponibilité

Dans le souci de maximiser le facteur de puissance de la centrale afin d'assurer un retour satisfaisant des investissements financiers dans une centrale nucléaire de puissance, des dispositions doivent être prises lors de la conception de la salle de commande pour:

2 Design principles for the main control room

2.1 Main objectives of the main control room

A control room is provided from which the nuclear power plant can be operated safely and efficiently in all plant operational states and accident conditions. The control room provides the control room staff with the man/machine interface and related information and equipment, e.g. the communication interface, which are necessary for the achievement of the plant operational goals. In addition, it provides an environment under which the control room staff is able to perform their tasks without discomfort, excessive stress, or physical hazard.

2.2 Functional design objectives of the main control room

The principal objectives of the control room design are to provide the operator with accurate, complete, and timely information regarding the functional status of plant equipment and systems.

The design shall allow for all operational states, including refuelling and accident conditions, optimize the tasks and minimize the workload required to monitor and control the plant, and provide necessary information to other facilities outside the control room.

The control room design shall provide an optimal assignment of functions which achieves maximum utilization of operator and system capabilities.

An additional objective of the control room design is to permit station commissioning to take place effectively and to permit modifications and maintenance.

2.3 Safety principles

A control room shall be designed to enable the nuclear power plant to be operated safely in all operational states and to bring it back to a safe state after the onset of accident conditions. Such design basis events are to be considered in the design of the control room.

Equipment controlled from the control room should be designed, as far as practicable, so that an unsafe manual command cannot be carried out, e.g. by using a logical interlock depending on the plant status.

Account shall also be taken of the need for functional isolation and physical separation where safety and non-safety systems are brought into close proximity.

Appropriate measures shall be taken to safeguard the occupants of the control room against potential hazards such as unauthorized access, undue radiation resulting from an accident condition, toxic gases, and all consequences of fire, which could jeopardize necessary operator actions.

There shall be adequate routes through which the control room staff can leave or reach the control room, or gain access to other control points, under emergency conditions.

2.4 Availability principles

With a view to maximizing the plant capacity factor to assure a satisfactory return on the financial investment in nuclear power plant, consideration shall be given in the control room design to:

- faciliter les conduites planifiées;
- minimiser l'occurrence de toute réduction de puissance non désirée ou d'arrêt d'urgence, causée par des prises de décisions ou des actions erronées des opérateurs ou par des défaillances locales associées à des mauvais fonctionnements ou à des défauts dans le système de contrôle-commande.

Les spécifications de conception en liaison avec la disponibilité ne doivent pas être en contradiction avec les principes de sûreté adoptés.

2.5 Principes d'ingénierie des facteurs humains

Afin de réaliser une répartition optimale des fonctions assurant une utilisation maximale des capacités de l'homme et de la machine et viser à obtenir pour la centrale, une sûreté et une disponibilité maximales, le concepteur doit porter une attention particulière aux facteurs humains, portant sur les caractéristiques humaines du personnel au regard de leurs capacités et limitations anthropométriques, physiologiques, de perception cognitive et de motricité.

2.6 Principes de conduite de l'exploitant

Comme partie intégrante de la salle de commande et de la philosophie de la conduite, on trouve l'encadrement et la formation des opérateurs. Pour maximiser la sûreté et l'efficacité de la conduite d'une centrale nucléaire de puissance, la salle de commande doit être pilotée avec un nombre suffisant de professionnels qualifiés.

Ils doivent être techniquement formés à la conduite en salle de commande et éduqués aux principes d'ingénierie relatifs à la conduite et à la sûreté des centrales nucléaires de puissance et avoir une connaissance approfondie de la localisation et des performances fonctionnelles des composants et sous-systèmes de la centrale.

Certaines tâches remplies par des opérateurs hors de la salle de commande, mettant en jeu le fonctionnement des matériels de la centrale, doivent être administrativement commandées et surveillées depuis la salle de commande.

Pour assurer la qualité de la conduite de la centrale nucléaire de puissance, l'exploitant doit en principe considérer les facteurs suivants dans la constitution de l'équipe de salle de commande:

- sélection du personnel et exigences de qualification;
- exigence d'une formation initiale et de recyclages pour les conditions normales, anormales et accidentelles;
- reformation périodique aux habitudes de conduite et opportunité d'accroître ses connaissances dans les principes d'ingénierie;
- motivation de l'équipe de salle de commande et de chaque individu durant la conduite normale et lors d'incidents.

2.7 Relations avec les autres centres de contrôle et de gestion

Pour aider le personnel en salle de commande à réagir à des conditions anormales de conduite, des centres de crises peuvent être disponibles pour être opérationnels durant des situations critiques.

Des points supplémentaires de conduite (panneau de repli) peuvent aussi être prévus.

Des matériels doivent être prévus pour des échanges d'informations avec ces installations. Ces matériels doivent effectuer ces fonctions indépendamment des autres moyens en salle de commande.

- facilitating planned operations;
- minimizing the occurrence of any undesired power reduction or plant trip caused by operators' erroneous decision-making and actions, or by local disturbances associated with malfunction or failure of I & C systems.

The availability-related design specifications shall not violate the adopted safety principles.

2.5 *Human factors engineering principles*

In order to provide an optimal assignment of functions which assures maximum utilization of the capabilities of man and machine and aims to achieve the maximum plant safety and availability, the design shall pay particular attention to human factors principles and human characteristics of personnel with regard to their anthropometric, perceptual, cognitive, physiological and motor response capabilities and limitations.

2.6 *Utility operating principles*

An integral part of the control room and operating philosophy is operator staffing and training. To maximize the safe and efficient operation of the nuclear power plant, the control room shall be manned with a sufficient number of skilled professional staff.

They shall be technically trained in control room operations and educated in those engineering principles related to nuclear power plant operations and safety, as well as having a thorough knowledge of the plant sub-systems and components, their function, performance and location.

Tasks performed by operators outside the control room that involve operation of plant equipment shall be administratively controlled and monitored from the control room.

To assure the quality of operation of the nuclear power plant, the station operating authority should consider the following factors in control room staffing:

- personnel selection and qualification requirements;
- initial training and retraining requirements for normal, abnormal and accident conditions;
- periodic retraining of operating skills and opportunities to expand their knowledge in engineering principles;
- job responsibilities for control room staff and individuals during normal and emergency operations.

2.7 *Relationship with other control and management centers*

To assist the control room personnel in responding to abnormal operating conditions, emergency response facilities may be available to function during emergency conditions.

Supplementary control points may also be provided.

Equipment shall be provided for information exchange to these points and facilities. The equipment shall operate independently of the other equipment in the control room.

3 Conception fonctionnelle de la salle de commande principale

Une approche "système" de la conception fonctionnelle d'une salle de commande doit être utilisée et couvrir la salle de commande et les sujets associés indiqués à la figure 1. Cette approche doit inclure les quatre étapes suivantes, comme indiqué à la figure 2:

- analyse fonctionnelle;
- répartition des fonctions;
- vérification et validation des répartitions de fonctions;
- analyse du travail.

3.1 Analyse fonctionnelle

Afin d'atteindre les objectifs concrets de 2.1, en accord avec les principes de 2.2 à 2.7, on doit analyser les fonctions à remplir par une centrale nucléaire de puissance.

Cette analyse doit en principe identifier sous forme d'une structure hiérarchisée les objectifs à atteindre lors de la conception de la salle de commande pour tous les états de fonctionnement et les conditions accidentelles, les principaux objectifs étant la production d'électricité et la minimisation des rejets. Ces objectifs pourront être décomposés ultérieurement en sous-objectifs et utilisés dans le processus de décision du projet (voir A.3.1).

3.1.1 Identification des fonctions

En ce qui concerne les structures hiérarchisées d'objectifs, toutes les fonctions de la centrale associées à ces objectifs doivent en principe être identifiées et documentées. Une méthode pour identifier ces objectifs est donnée en A.3.1.1. Dans la définition des fonctions, l'analyse doit en principe être complète et prendre en compte les interactions entre la salle de commande et les installations et systèmes extérieurs à la salle de commande.

3.1.2 Flux d'informations et exigences de traitement

On doit mener une analyse pour déterminer le flux d'informations de base pour la conduite et les traitements requis pour accomplir les fonctions de conduite de la centrale, y compris les prises de décisions et les actions. Cette analyse est décrite en A.3.1.2.

Lors de l'identification des flux d'informations et des exigences de traitement, il est recommandé de prendre en compte plusieurs événements représentatifs de base de dimensionnement, de même que toutes les situations normales.

Les événements suivants doivent en principe être inclus:

- événement exigeant des actions jugées subjectivement être difficiles en termes de complexité de commande ou d'interprétation de l'information, de rapidité de commande, etc.;
- événement exigeant une grande garantie dans la réponse correcte de l'opérateur, par exemple certaines conditions accidentelles;
- événement important, en termes d'analyse probabiliste de risques;
- événement pour lequel le déclenchement de la centrale est hautement probable à moins qu'une action corrective soit effectuée à temps;
- événement dont le taux d'occurrence est élevé.

Le nombre d'événements utilisé doit être suffisamment important pour couvrir correctement les fonctions associées à la structure hiérarchique des objectifs.

3 Functional design of the main control room

A system based approach to the functional design of a control room shall be used covering the control room and the associated items in Figure 1. This approach shall include the following four steps as shown in Figure 2:

- functional analysis;
- functional assignment;
- verification and validation of function assignment;
- job analysis.

3.1 *Function analysis*

An analysis of the functions to be performed by nuclear power plant to achieve the actual objective of 2.1 consistent with principles of 2.2 to 2.7 shall be conducted.

This analysis should identify a hierarchy of goals for the control room design covering all operational states and accident conditions. These goals shall include the production of electricity and the minimization of activity release as principal goals. The goals may be developed further as sub-goals and used in the design decision process (see Appendix A.3.1).

3.1.1 *Identification of functions*

With respect to hierarchical goal structures, all plant functions associated with these goals of the control room should be identified and documented. A means for identifying these goals is given in A.3.1.1. In defining functions the analysis should be comprehensive and take into account the interactions between the control room and facilities and systems outside the control room.

3.1.2 *Information flow and processing requirements*

Analysis shall be performed to determine the basic operational information flow and processing required to accomplish the plant functions including decision making and operations. This analysis is described in A.3.1.2.

When identifying the information flow and processing requirements, the designer should use several representative design basis events as well as all normal operations.

The following events should be included:

- events requiring operations subjectively judged to be difficult in terms of complexity of data interpretation or control, control speed, etc.;
- events requiring the highest certainty of correct operator response, e.g. certain accident conditions;
- events important in terms of the probabilistic risk assessment;
- events in which plant trip is highly probable unless corrective action is taken in time;
- events whose occurrence rates are high.

The number of events to be included shall be large enough to cover adequately the functions associated with the hierarchical goal structure.

3.2 Répartition des fonctions

Le concepteur doit conduire l'analyse des tâches pour déterminer quelles fonctions doivent en principe être confiées à l'homme et quelles fonctions doivent en principe être confiées à la machine. Un exemple de procédure est donné en A.3.2.1.

Les fonctions confiées à l'homme indiquées au tableau A.1 sont:

- la commande manuelle incluant les commandes en secours des commandes automatiques;
- la surveillance associée aux commandes manuelles et automatiques;
- les tâches avec démarche intellectuelle, telles que le diagnostic, pour déterminer les causes d'un fonctionnement et d'événements anormaux et imprévus et définir les actions correctrices.

Les fonctions assignées à la machine se réfèrent à celles qui sont remplies par des commandes automatiques, comme indiqué au tableau A.1.

Les principes et critères d'ingénierie des facteurs humains doivent être appliqués dans cette analyse.

Les principes et critères utilisés dans l'analyse doivent être documentés et inclure les facteurs concernant les capacités et les limites, à la fois de l'équipe de conduite et des systèmes de commandes automatiques.

Les critères de répartitions sont décrits en A.3.2.2 et la répartition est décrite en A.3.2.3.

3.2.1 Aptitude de l'opérateur

Dans les fonctions allouées à l'opérateur, il convient de distinguer celles pour lesquelles il effectue réellement une tâche de commande, celles où il supervise un système automatique en train de remplir des tâches de commande et celles où il est en train de réaliser des démarches intellectuelles telles que des diagnostics. De cette analyse doivent en principe résulter les informations nécessaires pour la conception de la structure du système d'informations et pour l'organisation fonctionnelle des ressources permettant d'atteindre chacune des prises de décision et des tâches de commande.

Pour les fonctions potentielles de l'opérateur, des estimations de sa capacité de travail en terme de charge, de précision, de vitesse et de durée doivent être préparées pour chaque aspect du traitement d'informations et chaque action de commande. Ces estimations doivent être utilisées pour la répartition initiale des fonctions. Elles doivent en principe être modifiées sur la base des résultats des vérifications et utilisées pour reconsidérer la répartition d'une fonction, aussi bien que pour fournir une définition plus détaillée des exigences vis-à-vis de l'opérateur.

Ces exigences, en liaison avec celles concernant les moyens de présentation, de commande et de communication, doivent être en rapport avec les tâches devant être remplies pour accomplir la fonction. Les tâches générales doivent en principe inclure les exigences concernant les moyens de présentation, de commande et de communication. Les critères sont discutés avec plus de détails en A.3.2.2.

Les types variés de données disponibles pour l'opérateur doivent en principe être groupés en se basant sur des tâches et non sur l'origine des données. Le but est d'organiser l'information provenant de sources variées en accord avec chacune des tâches de prise de décision, pour fournir à l'opérateur un système d'informations à la fois complet et compatible avec ses aptitudes.

3.2 *Assignment of functions*

The designer shall conduct task analysis to determine which functions should be assigned to the man and which functions should be assigned to the machine. An example of the procedure is given in A.3.2.1.

Functions assigned to man shown in table A.1 are:

- manual control including backup control to automatic control;
- monitoring associated with both manual control and automatic control;
- high-level mental processing tasks such as diagnosis to determine the cause of abnormal and unforeseen operating conditions and events and determine the corrective actions.

Functions assigned to the machine refer to those which are achieved by automatic control as shown in table A.1.

Human factors engineering principles and design criteria shall be applied in this analysis.

The principles and criteria used in the analysis shall be documented and shall include factors which deal with the capabilities and limitations of both the control room staff and the automatic control system.

The assignment criteria are described in A.3.2.2 and the assignment is described in A.3.2.3.

3.2.1 *Operator capabilities*

The functions assigned to the operator should distinguish between those where he is actually performing a control task, where he is supervising an automatic system that is performing the control tasks and where he is performing high level mental processing tasks such as diagnosis. This analysis should result in the information needed for the conceptual information system structure and the functional organization of resources to perform each decision making and control task.

For potential operator functions, estimates of processing capability required in terms of workload, accuracy, rate and time factors shall be prepared for each information processing aspect and control action. These estimates shall be used for the initial assignment of functions. The estimates should be modified based on verification results and used to reconsider the assignment of the function as well as to provide a more detailed definition of the required operator capabilities.

These requirements together with those for display, control and communication shall be consistent with the tasks which shall be performed to accomplish the function. The general tasks should include display, control and communication requirements. These requirements are discussed in A.3.2.2.

The various types of data available to the operator should be grouped based upon the tasks and not on the sources of data. The purpose is to organize the information from various sources with respect to each decision making task to provide a comprehensive information system for the operator within his capabilities.

3.2.2 Capacité de traitement du système de contrôle-commande

L'analyse des traitements du système de contrôle-commande doit commencer par la définition des exigences et contraintes fonctionnelles du système et/ou des matériels, suivie par une description plus détaillée des séquences d'événements opérationnels et des exigences de l'interface homme/machine pour chaque tâche. Le but est d'organiser les informations et capacités de la machine en accord avec les tâches définies pour l'interaction de l'opérateur.

Cette organisation doit faciliter l'évaluation des capacités à la fois de la machine et de l'homme pour accomplir chacune des tâches de prises de décision et de commande. Les capacités de traitement du système de contrôle-commande doivent en principe inclure en fin de compte les spécifications, telles que des exigences en quantité, temps de réponse et précision auxquelles le système et/ou le matériel doivent satisfaire, aussi bien que les standards d'ingénierie humaine définissant l'interface homme/machine pour chaque type de composants.

Pour réduire la probabilité d'une erreur de l'opérateur, le système de contrôle-commande doit en principe être conçu pour maintenir la centrale et les matériels à l'intérieur de limites de sûreté sans aucune action de l'opérateur, un certain temps après l'initiation des conditions anormales de la centrale. Ce temps doit être reproduit dans les exigences fonctionnelles des systèmes de commande automatique.

3.3 Vérification de la répartition des fonctions

La répartition correcte des fonctions de la salle de commande entre l'homme et la machine doit être vérifiée comme indiqué à la figure 2. Il doit être prouvé que la répartition de fonctions proposée est la plus avantageuse pour l'homme et la machine sans imposer d'exigences défavorables à aucun d'entre eux.

3.3.1 Processus

Le processus développé pour la vérification doit inclure les phases de préparation, d'évaluation et de correction (voir A.3.3.1 et A.3.3.2 a) pour ces processus).

3.3.2 Critères généraux d'évaluation pour la vérification

Avant de tenter de vérifier la répartition des fonctions proposée, il doit être confirmé que les critères utilisés pour la répartition sont en accord avec eux-mêmes.

La vérification doit confirmer que:

- a) toutes les fonctions nécessaires pour atteindre les objectifs opérationnels et de sûreté de la centrale sont identifiées;
- b) les répartitions des fonctions proposées sont en accord avec les critères établis pour ces répartitions;
- c) toutes les exigences de chacune des fonctions sont identifiées et incluent les aspects de performance (par exemple, constantes de temps, précision), ceux dérivés des principes de sûreté, de disponibilité et d'exploitation spécifiés dans cette norme, ainsi que ceux dérivés d'autres normes, réglementations et guides;
- d) les exigences pour des objectifs fonctionnels de plus haut niveau sont confondues avec celles de niveau fonctionnel plus faible, sans conflit dans tous les modes opérationnels.

Les modifications (c'est-à-dire correction des erreurs ou réaffectation) et les vérifications doivent être faites de façon itérative jusqu'à ce que tous ces critères soient satisfaits.

3.2.2 I & C system processing capabilities

Analysis of instrument and control system processing shall begin with a definition of system and/or equipment functional requirements and restraints, followed by a more detailed description of operational event sequences and man/machine interface requirements for each task. The purpose is to organize the machine information and capabilities with respect to the tasks defined for operator interaction.

This organization will facilitate the assessment of the capabilities of both automatic controls and human control for each decision-making and control task. Processing capabilities of the I & C system should ultimately include specifications such as quantity, response time and accuracy requirements that the system and/or equipment shall satisfy as well as human engineering standards defining the man/machine interface for each component type.

To reduce the probability of operator error, the control systems should be designed to keep the plant within safe limits without any operator action during a specified period of time after initiation of certain abnormal condition of the plant. This period of time shall be reflected in the functional requirements for the automatic control systems.

3.3 Verification of function assignment

The correct assignment of control room functions to man and machine shall be verified as shown in Figure 2. Evidence shall be presented that a proposed function assignment takes the maximum advantage of the capabilities of man and machine without imposing unfavourable requirements on either of them.

3.3.1 Process

The process developed for the verification shall include preparation, evaluation and resolution phases (see A.3.3.1 and A.3.3.2 a) for these processes).

3.3.2 General evaluation criteria for verification

Before attempting to verify the proposed function assignment, the criteria used for the assignment shall be confirmed self-consistent.

The verification shall subsequently confirm that:

- a) all the functions necessary for the achievement of the plant operational and safety goals are identified;
- b) the proposed function assignment is in accordance with criteria established for the assignment;
- c) all requirements of each function are identified. These requirements include performance aspects (e.g. time constants, accuracy), those derived from safety principles, availability principles and station operating authority principles specified in this standard, and those derived from other standards, regulations and guidelines;
- d) requirements from higher level functional goals merge at a lower functional level without conflict under all operational modes.

Modification (i.e. correction of mistakes or reassignment) and verification shall be made iteratively until all these criteria are satisfied.

3.4 *Validation de la répartition des fonctions*

La répartition des fonctions proposée doit être validée pour démontrer qu'elle pourrait atteindre les objectifs fonctionnels. En particulier, les performances des séquences fonctionnelles, dans toutes les conditions de fonctionnement normal et lors de plusieurs événements représentatifs, doivent être prouvées.

3.4.1 *Processus*

Le processus développé pour la validation doit inclure les phases de préparation, d'évaluation et de correction (voir A.3.3.1 et A.3.3.2 b)).

Des critères de sélection doivent être développés pour assurer la représentativité des événements retenus pour l'évaluation. En plus de toutes les conditions de fonctionnement normal et des événements spécifiés en 3.1.2, les événements causés par de multiples défaillances doivent en principe être pris en considération pour l'évaluation des fonctions allouées à l'homme.

Après l'achèvement de la sélection des événements représentatifs, les fonctions requises pour chaque événement sont identifiées et synthétisées dans un ordre de déroulement séquentiel dans le temps.

3.4.2 *Critères généraux d'évaluation pour la validation*

Les performances des fonctions doivent être évaluées pour l'ensemble du fonctionnement normal et pour des événements représentatifs. Les critères généraux de validation doivent être satisfaits, y compris que:

- a) le nombre d'objectifs fonctionnels et le taux de charge de travail requis pour l'équipe de salle de commande n'excèdent pas leur capacité;
- b) la répartition de fonctions pour l'équipe de salle de commande et les opérateurs locaux est adéquate. En particulier, il ne doit pas en principe être exigé d'eux qu'ils coopèrent lorsqu'il s'agit de remplir une fonction qui est soit critique au point de vue temps, soit importante pour la sûreté ou la disponibilité de la centrale.

3.5 *Analyse du travail*

Afin d'établir simultanément les exigences de base pour la structure de l'équipe de salle de commande, les procédures de conduite et le programme de formation, le concepteur doit en principe conduire une analyse du travail pour la vérification et la validation de la répartition des fonctions et des exigences fonctionnelles.

L'analyse doit en principe clarifier:

- l'ensemble des compétences requises pour l'opérateur;
- les responsabilités de conduite des opérateurs;
- les tâches non opérationnelles des opérateurs (par exemple des rapports);
- les interactions opérationnelles entre opérateurs;
- les dialogues entre les opérateurs et la centrale;
- les dialogues entre les opérateurs et le personnel de centrale stationné à l'extérieur des installations de salle de commande.

En liaison avec les résultats de l'analyse pour la répartition des fonctions (par exemple la structure conceptuelle de l'information), la liste ci-dessus doit en principe former la base de la structure de l'équipe de salle de commande, des procédures de conduite et du programme de formation (voir A.3.5 pour une séquence de l'analyse).

3.4 *Validation of functional assignment*

The proposed function assignment shall be validated to demonstrate that the system would achieve all the functional goals. In particular, the performance of function sequences, under all the normal operations and several representative events, shall be assessed.

3.4.1 *Process*

The process developed for the validation shall include preparation, evaluation and resolution phases (see A.3.3.1 and A.3.3.2 b)).

Selection criteria shall be developed to ensure that the events to be chosen for assessment are representative. In addition to all normal operations and events specified in 3.1.2, events caused by multiple failures should be considered for the assessment of functions assigned to man.

After the completion of the selection of representative events, functions required in each event are identified and synthesized in time-sequential order.

3.4.2 *General evaluation criteria for validation*

The performance of functions shall be evaluated for all the normal operation and the representative events. The general validation criteria shall be satisfied including the following:

- a) the number of functional goals and the work load rate required of the control room staff shall not exceed their capability;
- b) the assignment of functions to the control room staff and local operators is acceptable. In particular, it should not require them to perform cooperative, mutually dependent tasks for the achievement of a function which is either time critical or important to the plant safety or the plant availability.

3.5 *Job analysis*

In order to develop basic requirements further for the control room staff structure, the operating procedures and the training programme, the designer should conduct a job analysis of the verified or validated function assignment and functional requirements.

The analysis should clarify:

- operator competence required;
- operational responsibilities of operators;
- non operational duties of operators (e.g. reporting);
- operational interactions between operators;
- dialogues between operators and plant;
- communications between operators and plant personnel stationed outside the control room facilities.

Together with the results of the analysis for the function assignment (e.g. conceptual information structure), the items above should form the basis of the control room staff structure, the operating procedures and the training programme (see A.3.5 for a sequence of the analysis).

4 Spécifications fonctionnelles de conception

Cet article vise à spécifier les exigences fonctionnelles de conception pour le système de salle de commande et les matériels assurant les fonctions de contrôle et de surveillance assignées. Il spécifie également les interfaces entre l'homme et la salle de commande.

La conception doit être basée sur l'approche d'ingénierie de systèmes "homme/machine" intégrés.

4.1 Nécessité d'une base de données sur les caractéristiques et capacités humaines

Pour la conception détaillée de la salle de commande, une base de données sur les caractéristiques et capacités humaines doit être établie comme donnée fondamentale pour la prise en compte des facteurs humains.

La base de données doit inclure:

- des considérations anthropométriques;
- les stéréotypes de population;
- les aspects physiologiques;
- l'aptitude humaine à traiter l'information;
- les facteurs d'environnement.

Comme ces données dépendent des habitudes du pays, la base de données est spécifique pour chaque pays. Il est montré en A.4.1 comment constituer cette base de données et quelques exemples y sont indiqués.

4.2 Localisation, environnement et protection

4.2.1 Localisation

La salle de commande doit être située là où la conduite de la centrale est aisée et doit en principe respecter les exigences de sûreté de 2.3.

4.2.2 Environnement

Les conditions d'environnement de la salle de commande principale doivent être telles que les opérateurs puissent remplir leur tâche de façon efficace et confortable.

Les spécifications d'environnement doivent inclure des exigences sur:

- la climatisation;
- l'environnement sonore;
- l'éclairage.

Ces spécifications d'environnement sont développées en A.4.2.2.

Des mesures appropriées doivent être prises lors de la conception pour maintenir l'opérabilité de la salle de commande et la surveillance de la centrale, même durant les conditions accidentelles de la centrale.

4.2.3 Protection

La conception de la salle de commande doit prendre en compte la protection contre le feu, les rayonnements, les missiles internes et externes, les tremblements de terre et les actes hostiles. Ces protections sont décrites en A.4.2.3.

4 Functional design specification

This clause aims to specify the functional design requirements for the control room system and equipment that perform the assigned monitoring and control functions. It also specifies the interface between the man and the control room equipment.

The design shall be based on an integrated man/machine systems engineering approach.

4.1 *Provision of data base on human capabilities and characteristics*

When detailed design of a control room is carried out, a data base on human capabilities and characteristics shall be provided as fundamental human factors design data.

The data base shall include:

- anthropometric considerations;
- population stereotypes;
- auditory and visual capabilities and characteristics;
- human ability to process information;
- environmental factors.

As some of these data depend on the custom of the country, the data base will be specific to each country. In A.4.1 it is shown how to provide such a data base and some examples of these data.

4.2 *Location, environment and protection*

4.2.1 *Location*

The control room shall be located for convenient plant operation and should meet the safety principles of 2.3.

4.2.2 *Environment*

Environmental conditions in the main control room shall be such that the operators can perform their tasks effectively and comfortably.

The environmental specification shall include requirements for:

- air conditioning;
- auditory environment;
- illumination.

These environmental specifications are discussed in A.4.2.2 .

Appropriate measures shall be taken in the design to maintain control room operability and monitoring of the plant even during emergency conditions of the plant.

4.2.3 *Protection*

The design of the control room shall provide, within the design basis, protection against fire, radiation, internal and external missiles, earthquake and hostile acts. The protection is described in A.4.2.3.

4.3 Dimensions et configuration

4.3.1 Dimensions

La salle de commande doit avoir des dimensions suffisantes pour permettre à l'équipe de salle de commande d'exécuter toutes les actions nécessaires, tout en réduisant au minimum les déplacements de l'opérateur dans les situations anormales.

On doit en principe particulièrement veiller à y prévoir des zones de travail, des endroits pour écrire et des meubles de rangement pour stocker les documents comme indiqué en A.4.3.1.

4.3.2 Configuration

La configuration de la salle de commande doit être conçue en considérant:

- les principes de conduite de l'exploitant;
- la répartition des fonctions entre les opérateurs et les systèmes de contrôle-commande;
- la philosophie de la conduite centralisée ou locale, qui détermine le nombre de commandes présentes en salle de commande;
- les critères de supervision, qui déterminent le nombre d'écrans de visualisation, d'enregistreurs, d'indicateurs d'alarmes et de voyants sur les panneaux;
- le type de centrale et les choix technologiques (séparation entre voies, utilisation de séquences automatiques, dimensions des instruments et des commandes, extension de l'automatisation et/ou des commandes multiplexées);
- les exigences légales et celles des exploitants, tel le nombre d'opérateurs dans la salle de commande, exigé par la politique d'exploitation ou par les autorités.

La salle de commande doit nécessairement comporter des zones de conduite d'où chaque opérateur peut accéder aux informations et aux commandes dont il a besoin pour effectuer les tâches qui lui sont assignées dans tous les modes d'exploitation et les situations accidentelles.

La zone de conduite et les matériels de la salle de commande, tels les pupitres, tableaux et panneaux, doivent être disposés selon les principes d'ingénierie des facteurs humains.

Les prescriptions concernant le regroupement des zones de conduites, les matériels en salle de commande et leur disposition sont exposées en A.4.3.2 a) et b); celles relatives à la dimension et la forme des matériels sont exposées en A.4.3.2 c).

Les moyens d'affichage des informations et les éléments de commande doivent être disposés selon des principes cohérents et bien documentés dans le processus de conception.

L'implantation doit être conçue de façon à simplifier l'identification des systèmes ou des composants, à la fois en fonctionnement normal, dans les conditions accidentelles de conduite, dans les situations d'urgence et de façon à minimiser la probabilité d'actions erronées dues à des erreurs humaines.

Les critères ci-dessus peuvent être utilisés en combinaison avec d'autres éléments de conception et les règles résultantes doivent être cohérentes pour toutes les zones de conduite.

4.3 *Space and configuration*

4.3.1 *Space*

The control room shall have sufficient space to allow the control room staff to perform all necessary actions, while minimizing operator movement in abnormal conditions.

Special attention should be paid to providing work areas, writing space and storage space for documents, as described in A.4.3.1.

4.3.2 *Configuration*

The control room shall be designed giving due consideration to:

- station operating authority's operating principles;
- assignments of functions to the operators and I & C system;
- centralized or local control philosophy, which determines the extent of controls present in the control room;
- supervision criteria, which determine the number of VDUs, indicating instruments, recorders, alarms and indicating lights on the panels;
- plant and technological choices (segregation between different divisions, use of automatic control sequences, dimensions of instruments and controls, extent of automation and/or multiplexed controls);
- station operating authority and legal requirements, such as the number of operators in the control room required by operating policies or licensing authorities.

The control room shall have such operating areas as are necessary, where each operator can obtain access to all controls and information required to perform the tasks assigned to him in all operational and accident conditions.

The operating area and control room equipment such as control desks, boards and panels shall be arranged according to human factors engineering principles.

Refer to A.4.3.2 a) and b) on requirements for grouping of operating areas and the control room equipment and their arrangement, and A.4.3.2 c) for requirements on size and shape of equipment.

Information displays and control elements shall be arranged according to consistent principles which should be well documented in the design process.

The arrangement shall be structured to simplify the system or component identification in both normal operation, accident conditions and emergency situations, and minimize the probability of incorrect actuations arising from human error.

The above criteria can be used in combination with other design elements and the resulting rules shall be consistent for all operating areas.

4.4 Agencement des panneaux

4.4.1 Priorités

Des principes concernant la disposition et le rangement des alarmes, des afficheurs et des commandes appartenant à une fonction d'un système ainsi que les priorités entre éléments semblables doivent être établis et appliqués lors de l'agencement des panneaux. Les règles qui en résultent doivent être cohérentes pour tous les panneaux de la centrale.

4.4.2 Position sur les panneaux et tableaux de commande

La position des afficheurs, indicateurs et commandes sur les panneaux et pupitres doit être basée sur les critères suivants:

- les panneaux d'alarmes et les indicateurs doivent être visibles de l'ensemble de la zone de conduite de la salle de commande;
- les commandes utilisées fréquemment doivent être atteintes facilement et les indicateurs et afficheurs qui s'y réfèrent doivent être lisibles depuis la position de conduite.

Un exemple est donné en A.4.4.2.

4.4.3 Symétrie

La disposition symétrique des panneaux, commandes et indicateurs doit être évitée afin de prévenir la confusion gauche-droite.

4.5 Aide à la localisation

4.5.1 Regroupement des moyens d'affichage des informations et des commandes

Il est essentiel que les informations affichées et les commandes soient regroupées de façon logique. Six techniques principales sont données en A.4.5.1. Le regroupement doit en principe être en accord avec le modèle mental de l'utilisateur du système.

Un soin particulier doit être apporté pour éviter des conflits de regroupement, en particulier lorsque différentes techniques sont utilisées simultanément.

4.5.2 Codages

Les principes de codage doivent être établis dans une étape précoce de la conception de la salle de commande et il convient qu'ils soient cohérents avec ceux des autres centrales et des simulateurs de formation, pour chaque pays.

Le système de codage doit être identique pour toute la salle de commande. La forme des codes utilisés pour les afficheurs et les commandes associées doit être totalement cohérente. Cela s'applique aux codes de localisation, d'information, de couleurs et d'éclairement.

La méthode de codage d'une application réelle doit être déterminée en considérant les avantages relatifs des types de codages. Les types de codages et leurs directives sont indiqués en A.4.5.2.

Lorsque des personnes présentant des déficiences de vision des couleurs sont employées comme opérateurs, la couleur ne doit pas en principe être le seul moyen de discrimination.

4.5.3 Repérage

Il doit y avoir un repérage adéquat en salle de commande. Il doit être cohérent avec les autres repérages de la centrale et conforme aux stéréotypes nationaux et aux normes. Se référer à A.4.5.3 pour des exigences types.

4.4 *Panel layout*

4.4.1 *Priority*

Principles shall be established and applied for the layout and arrangement of alarms, displays and controls belonging to a function of a system as well as for priority rankings between similar elements in the layout of the panels. The priority rankings rules derived from these principles shall be consistent for all panels in the plant.

4.4.2 *Positioning on control desks and panels*

The positioning of displays, indicators and controls on the panels and desks shall be based on the following criteria:

- alarm panels and fascias shall be visible from the operating area of the control room.
- frequently used controls shall be within convenient reach and the related indicators and displays shall be readable from the operating position.

See A.4.4.2 for examples.

4.4.3 *Mirror image layout*

Mirror image layout of panels, controls and indicators shall be avoided in order to prevent left-right confusion.

4.5 *Location aids*

4.5.1 *Grouping of display information and controls*

It is essential that the displayed information and controls are logically grouped. Six fundamental grouping techniques are given in A.4.5.1. The grouping should be consistent with the user's mental model of the system.

Particular care shall be taken to avoid conflicts of grouping, especially when different grouping techniques are used simultaneously.

4.5.2 *Coding*

Coding principles shall be established in an early stage of control room design and they should be consistent with those of other plants and training simulators in each country.

The coding system shall be consistent throughout the control room. The form of codes used for displays and their associated controls shall be entirely consistent. This applies to location, information, colour and illumination codes.

The coding method for an actual application shall be determined considering the relative advantages of the types of coding. The types of coding and their guidelines are shown in A.4.5.2.

Where colour deficient persons may be employed as operators, colour should not be the sole means of discrimination.

4.5.3 *Labelling*

Adequate labelling shall be provided in the control room. The labelling shall be consistent with other labelling in the plant and in accordance with national stereotypes and standards. Refer to A.4.5.3 for typical requirements.

4.6 Système d'information

4.6.1 Fonctions d'information

Les systèmes d'information doivent être conçus pour informer les opérateurs de l'état de la centrale et des variables importantes pour la sûreté et la disponibilité.

Ces systèmes doivent fournir aux experts de sûreté sur le site et hors du site des informations sur l'état de la centrale pendant les conditions accidentelles.

Le système doit aussi avoir des fonctions d'acquisition de données, d'affichage et d'alarme. Il doit aussi avoir des fonctions d'enregistrement et de mémorisation pour les variables du processus importantes pour la sûreté et la disponibilité, pour l'analyse et pour envoyer ces informations aux services de conduite et aux autorités extérieures.

Un système d'information doit en principe être prévu pour aider la démarche intellectuelle des opérateurs par :

- une aide à la prise de décision;
- une amélioration des performances et des capacités de surveillance;
- une amélioration de la disponibilité et de la fiabilité de l'information;
- un retour d'expérience dans l'organisation des actions;
- une amélioration de la communication entre les équipes de salles de commande;
- une amélioration de l'enregistrement des transitoires et des accidents à des fins d'analyse;
- un accroissement de l'information disponible pour recouvrir des données implicites.

Se référer à A.4.6.1 où les fonctions d'information sont prescrites.

Les fonctions d'information peuvent être constituées de systèmes individuels ou de sous-fonctions faisant partie d'un ensemble contrôle-commande informatisé.

4.6.2 Système d'acquisition et de traitement des données

Les exigences fonctionnelles principales du système d'acquisition et de traitement des données sont les suivantes:

- le système doit en principe être conçu de telle sorte que ses défaillances ne conduisent pas à un état non sûr ou à des pertes économiques inacceptables dans l'exploitation de la centrale;
- les vitesses d'échantillonnage des données d'entrées, de prétraitement et d'analyse, doivent satisfaire aux exigences opérationnelles concernant les vitesses d'évolution des paramètres;
- les données doivent être mises à jour à des vitesses appropriées aux tâches des opérateurs;
- le système doit être conçu en considérant le système de présentation et les équipements d'affichage d'alarme, et une information suffisante doit être disponible pour atteindre, en accord avec les exigences de la réglementation, un état d'arrêt sûr et y rester durant une durée illimitée;
- le système doit être apte à être modifié pendant toute sa vie opérationnelle.

4.6 *Information system*

4.6.1 *Information functions*

Information systems shall be provided to inform operators of the plant status and variables important to safety and availability.

The system shall provide information of the plant status to on-site and off-site safety experts during accident conditions.

The system shall have data acquisition, display and alarm functions. The system shall also have recording and memory functions for the plant process variables important to safety and availability, for analysis and for reporting within the operating organization and external authorities.

Information processing functions should also be provided to support high-level mental processing by the operators as a means of:

- aiding decision making;
- improving monitoring performance and capability;
- improving availability and reliability of information;
- providing feedback for organization of actions;
- improving communication between control room staff;
- improving a record of transients and accidents for analysis purposes;
- expanding available information to cover implicit data.

Refer to A.4.6.1 for requirements for the information functions.

Information functions may be provided either within individual systems, or as sub-functions of a computerised plant instrumentation, information and control system.

4.6.2 *Data acquisition and processing system*

The major functional requirements of the data acquisition and processing system are as follows:

- the system should be designed such that the system faults do not cause any unsafe state or unacceptable economic losses in the plant operation;
- input data sampling, pre-processing and analysis rates shall be appropriate to satisfy operational requirements related to the parameter rates of change;
- data shall be updated at rates appropriate to operator tasks;
- the system shall be designed considering the display system and annunciation equipment, and sufficient information shall be available to allow the operating staff to achieve safe shut-down and hold-down for an indefinite period in accordance with regulatory requirements;
- the system shall be capable of modification throughout its operational life.

4.6.3 Système d'affichage

Le système d'affichage doit être conçu comme une interface homme/machine du système d'information, en prenant en compte les capacités et caractéristiques humaines.

Les exigences fonctionnelles principales du système d'affichage sont les suivantes:

- le système d'affichage en salle de commande doit couvrir les variables appropriées, conformément aux hypothèses de l'analyse de sûreté et aux besoins d'information de l'opérateur en fonctionnement normal et dans les situations accidentelles. La précision et l'étendue de mesure des afficheurs doivent être conformes aux hypothèses de l'analyse de sûreté;
- un afficheur doit être prévu pour l'indication des conditions de bipasse ou de celles délibérément non opérationnelles de la centrale et des auxiliaires;
- les afficheurs d'informations relatives à la sûreté doivent être convenablement localisés et identifiés, de façon spécifique, sur les panneaux de commande;
- des afficheurs appropriés doivent être choisis selon le rôle de chacun.

Les types d'afficheurs sont décrits en A.4.6.3.

a) Afficheurs comportant des indicateurs et des lampes

Voir A.4.6.3 (1) pour les exigences.

b) Afficheurs constitués par des écrans de visualisation

Les exigences fonctionnelles principales des moyens de présentation constitués par des écrans de visualisation sont les suivants:

- l'information nécessaire doit être disponible pour l'opérateur chaque fois que c'est nécessaire;
- l'information présentée sur les écrans de visualisation doit être compréhensible par l'opérateur;
- l'image doit fournir les informations attendues par les opérateurs sans ambiguïté ni perte de signification;
- les symboles doivent en principe être normalisés et la gamme de tailles de symboles doit en principe être limitée;
- le sens des flux et la chronologie des événements dans les représentations des schémas doivent en principe être en accord avec les stéréotypes de population et les synoptiques des tableaux de la salle de commande.

Les présentations sur écran de visualisation doivent être conçues en considérant les facteurs humains et les critères de conception de 4.4 et 4.5 et en se référant à A.4.1, A.4.4, A.4.5 et A.4.6, et doivent être compatibles avec, d'une part, les commandes et l'instrumentation associée, et, d'autre part, avec les besoins perceptifs et cognitifs de l'opérateur. Voir A.4.6.3 (2).

4.6.4 Système d'alarmes

a) Spécifications du système d'alarmes

Les alarmes en salle de commande principale doivent fournir toutes les informations nécessaires pour la surveillance de la centrale dans les conditions anormales.

4.6.3 Display system

The display system shall be designed as a man/machine interface of the information system, considering human capabilities and characteristics.

The major functional requirements of the display system are as follows:

- the display system in the control room shall cover appropriate variables, consistent with the assumptions of the safety analysis and with the information needs of the operator in normal operation and accident conditions. The accuracy and range of displays shall be consistent with the assumptions of the safety analysis.
- a display shall be provided for indicating by-passed or deliberately inoperable conditions of plant and auxiliaries.
- safety-related information displays shall be suitably located and specifically identified on control panels.
- appropriate types of display shall be selected depending on the purpose of an individual display.

The types of displays are described in A.4.6.3.

a) Display using indicators and lamps

See A.4.6.3 (1) for requirements.

b) Displays using VDU

The major functional requirements for VDU displays are as follows:

- necessary information shall be available to the operators whenever it is required;
- information shown on VDU shall be clearly understood by the operators;
- the display shall communicate the intended information to the operators without ambiguity or loss of meaning;
- symbols should be standardized and the range of symbol sizes should be limited;
- direction of process flow paths and sequence events in schematic displays should be in accordance with population stereotypes and any mimics on control room panels.

VDU displays shall be designed considering human factors and design criteria shown in 4.4, 4.5 and referring to appropriate requirements in A.4.1, A.4.4, A.4.5 and A.4.6, and should be compatible with both the associated controls and instrumentation and the perceptual and cognitive needs of an operator. Refer to A.4.6.3 (2).

4.6.4 Alarm system

a) Alarm system specifications

Main control room alarms shall provide all information necessary for surveillance of plant in off-normal plant conditions.

Le système d'alarmes doit en principe:

- afficher les informations d'alarmes, pour aider l'opérateur à comprendre la situation de défaut qui se développe sans être surchargé d'informations;
- permettre à l'opérateur de supprimer les informations non pertinentes avec la certitude que les informations pertinentes et importantes soient présentées d'une façon adaptée à la capacité de compréhension de l'opérateur;
- permettre à l'opérateur de faire la distinction entre les alarmes pour lesquelles les actions correctrices ne sont pas terminées et les alarmes qui ne peuvent être annulées sans une intervention du service de maintenance.

Il convient que le système d'alarmes possède:

- des fonctions de traitement, pour donner à l'opérateur l'information la plus représentative des conditions anormales, et
- des fonctions d'affichage, pour permettre à l'opérateur d'identifier facilement une alarme et sa gravité.

En outre, pour chaque alarme, une documentation de procédure, par exemple une fiche d'alarmes ou une procédure de conduite, doit être prévue pour expliquer à l'opérateur les raisons probables de l'alarme et les actions correctrices qu'il a à mener.

Pour expliquer l'importance de combinaisons particulières d'un signal d'alarme, il est recommandé d'utiliser un système d'aide informatique. Voir A.4.6.4 pour des exigences complémentaires et le traitement des alarmes.

b) Affichage des alarmes

L'affichage des alarmes sur verrines ou sur écran de visualisation doit répondre aux exigences suivantes:

- une alarme doit être présentée dans la zone de la salle de commande où l'opérateur dispose des moyens nécessaires pour déclencher les actions correctrices;
- toute nouvelle alarme doit déclencher un signal auditif et un clignotement de verrine ou de marqueur sur écran;
- une alarme peut être acquittée après qu'il en soit pris connaissance;
- si une alarme est acquittée, cet état doit être indiqué pour s'assurer que son existence n'est pas oubliée;
- lorsque la cause est éliminée, l'affichage d'alarmes doit être remis dans le mode normal manuellement ou automatiquement.

4.6.5 Système support de l'opérateur

Afin d'améliorer la sûreté de la centrale, sa disponibilité et sa manœuvrabilité, des fonctions support de l'opérateur telles les fonctions de surveillance et d'affichage des paramètres de sûreté, les fonctions de diagnostic, les fonctions de guide opérateur basées sur les symptômes et les événements, les fonctions de test automatique en fonctionnement doivent en principe être prévues. Elles doivent autant que possible être totalement intégrées dans la conception d'ensemble de la salle de commande.